

Principales bioestimulantes y efectos en el cultivo de los cítricos

Sustancias y microorganismos que pueden ser utilizados para la mejora del cultivo

Los bioestimulantes son sustancias que, sin ser nutrientes, mejoradores del suelo o pesticidas, pueden contener sustancias, compuestos y/o microorganismos que mejoren el desarrollo del cultivo y, consecuentemente, el rendimiento, mediante la estimulación de procesos naturales que benefician el aprovechamiento de nutrientes e in-

crementan la resistencia a condiciones de estrés biótico y/o abiótico, cuando se aplican a la rizosfera o las hojas. En este artículo se describen los distintos bioestimulantes, sus modos de acción y beneficios para la planta dejando para un segundo artículo los ensayos realizados por el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias.



Belén Martínez-Alcántara¹ y Ana Quiñones².

¹ Centro de Citricultura y Fruticultura, IVIA.

² Centro para el Desarrollo de Agricultura Sostenible, IVIA.

Estas sustancias se han utilizado durante años, pero no es hasta 1997 cuando Zhang y Schmidt (1997), en una web dirigida a profesionales del mantenimiento de césped, definieron los bioestimulantes como "ma-

teriales que, en pequeñas cantidades, promueven el crecimiento de las plantas."

En la literatura científica, la palabra bioestimulante se definió por primera vez por Kauffman *et al.* (2007) y, hasta hoy, el incremento del uso de este término ha

crecido de manera exponencial. Aunque los bioestimulantes están disponibles en una gran variedad de formulaciones e ingredientes, estos autores introducen una primera clasificación en tres grupos principales en base a su fuente y contenido, incluyendo sustancias húmicas, productos que contienen hormonas y productos que contienen aminoácidos. Sin embargo, en la actualidad, con el desarrollo de nuevas tecnologías junto con una amplia investigación en este campo de empresas fabricantes de bioestimulantes agrícolas y centros de investigación públicos y privados, se han identificado nuevos compuestos bioactivos y microorganismos beneficiosos, y se ha incrementado el conocimiento de los mecanismos bioquímicos y fisiológicos en los que están involucrados.

Según la Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes (Afme), el valor de mercado de los bioestimulantes se estima entre 200 y 400 millones de euros, con un crecimiento anual de más del 10% e inversiones anuales en investigación y desarrollo de entre el 3 y el 10% de la facturación.

El problema radica en que no existe una regulación concreta relativa al uso de los bioestimulantes. Actualmente, están regulados por el Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes y la Orden APA/1470/2007, de 24 de mayo, por la que se regula la comunicación de comercialización de determinados medios de defensa fitosanitaria, aunque está en proceso el desarrollo del nuevo Real Decreto por el que se regulará la comercialización de determinados medios de defensa fitosanitaria en el que se establecerá un protocolo de ac-

tuación así como los requerimientos necesarios para su registro. Desde el Consorcio Europeo de la Industria de Bioestimulante (EBIC) se ha solicitado, a la Unión Europea, la creación de un marco jurídico europeo que regule la incorporación de subproductos o residuos orgánicos al canal tradicional de comercialización de fertilizantes y microorganismos, con el fin de apoyar a las autoridades europeas en la definición de una regulación eficaz y compartida para el beneficio de los agricultores, los consumidores, la industria y el medio ambiente.

Por tanto, a pesar de los recientes esfuerzos por aclarar el estatus regulador de los bioestimulantes, no existe una definición legal o reglamentaria de bioestimulantes de plantas ni en la Unión Europea ni en los Estados Unidos. Esta situación impide una lista detallada y categorización de las sustancias

Con Sipcam Iberia cultiva y gana un Audi Q5

Ahora tu fidelidad tiene recompensa: llévate productos gratis por la compra de varios artículos. Además, participa en el sorteo del espectacular nuevo Audi Q5 valorado en 44.000€. Introduce el código PIN en **www.cultivaygana.com** y consulta las bases y condiciones de la promoción.

¡Rasca y gana!



y microorganismos que podrían ser utilizados como bioestimulantes. A pesar de esto, algunas categorías importantes son ampliamente reconocidas por los científicos, los reguladores y los usuarios (du Jardin, 2012, Halpern *et al.*, 2015), y abarcan tanto las sustancias como los microorganismos. Estas categorías se introducen, brevemente, a continuación tal y como han sido descritas por du Jardin *et al.* (2015).

Sustancias y microorganismos utilizados como bioestimulantes

Ácidos húmicos y fúlvicos

Las sustancias húmicas (SH) son los constituyentes naturales de la materia orgánica del suelo, resultantes de la descomposición de plantas, animales y microorganismos. Las SH son un conjunto heterogéneo de compuestos de diferente peso molecular y

nibilidad del fósforo por la planta. Se han descrito también efectos hormonales, aunque su modo de acción, en este sentido, no está todavía muy claro. Otro efecto bioestimulante es la protección frente a estreses como el oxidativo, al estimular la formación de compuestos del metabolismo secundario que confiere una mayor resistencia.

Hidrolizados de proteínas y otros compuestos nitrogenados

Los aminoácidos o compuestos peptídicos se obtienen mediante una hidrólisis química y enzimática de residuos de plantas (origen vegetal) o desechos de animales (origen animal).

Estos compuestos se ha observado que juegan un importante papel como bioestimulantes al modular la absorción y asimilación del nitrógeno, regulando enzimas implicadas o actuando en la ruta de absorción de

lisacáridos, alginatos o caragenatos, macronutrientes y micronutrientes, esteroides, compuestos nitrogenados como la betaina y hormonas.

Las algas actúan sobre el suelo contribuyendo a la capacidad de retención de agua y la aireación del mismo, facilitando el intercambio iónico o fijando metales pesados. Además, promueven el desarrollo de la microflora bacteriana del suelo. En las plantas, el incremento en la concentración de nutrientes, indican su efecto biofertilizante. El impacto en la germinación de semillas o la mejora del desarrollo vegetativo está asociado a su efecto estimulante en la producción de hormonas en las plantas.

Quitano y otros biopolímeros

El quitano es un derivado de la quitina, compuesto mayoritario del caparazón de los crustáceos. Se obtiene tanto naturalmente como de forma industrial. Sus principales efectos son la protección de las plantas contra los patógenos fúngicos, la mejora de la tolerancia al estrés abiótico (sequía, salinidad, estrés por frío) y la producción de compuestos relacionados con el metabolismo primario y secundario de las plantas. El cierre estomático inducido por el quitano a través de un mecanismo dependiente de ABA participa en la protección contra el estrés ambiental conferida por este bioestimulante.

Compuestos inorgánicos

Los elementos químicos que promueven el crecimiento de las plantas y pueden ser esenciales para algunas especies particulares, pero no son requeridos por todas las plantas, se llaman elementos beneficiosos. Los cinco principales elementos beneficiosos son: aluminio (Al), cobalto (Co), sodio (Na), selenio (Se) y silicio (Si), y están presentes en suelos y en plantas en forma de diferentes sales inorgánicas y como formas insolubles como la sílice.

Entre los efectos beneficiosos se describe su función como constituyente, fortaleciendo

// A pesar de los recientes esfuerzos por aclarar el estatus regulador de los bioestimulantes, no existe una definición legal o reglamentaria de bioestimulantes de plantas ni en la UE ni en EE.UU. No obstante, algunas categorías importantes son ampliamente reconocidas por los científicos, los reguladores y los usuarios.

solubilidad agrupadas en huminas, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos.

Los efectos bioestimulantes derivados del uso de estas sustancias son variables ya que dependen de la fuente de las SH, las condiciones medioambientales de la descomposición, del cultivo al que se aportan y del modo de aplicación. Desde siempre, se ha establecido su efecto como mejoradores de la fertilidad del suelo, actuando en sus propiedades, físicas y/o, químicas y biológicas. Su efecto bioestimulante se refiere, además, al incremento en la absorción radicular que da lugar al aporte de SH al incrementar la capacidad de intercambio catiónico de los suelos, o al aumento de la dispo-

si- N por las raíces. El efecto quelante de algunos aminoácidos como la prolina, o la actividad antioxidante de algunos compuestos nitrogenados contribuyen a mejorar la movilidad de algunos micronutrientes y disminuyen los daños por estreses ambientales. Además, estos productos incrementan la biomasa microbiana, la respiración del suelo y su fertilidad.

Extractos de algas

El uso de algas marinas como fuente de materia orgánica y como fertilizantes se ha realizado durante décadas. Sin embargo, su uso como bioestimulante es reciente. Los extractos purificados de algas contienen po-

(Continúa en pág. 60)

do las paredes celulares por los depósitos de sílice, como mejoradores de la tolerancia en condiciones ambientales definidas, como al ataque de patógenos por el selenio y al estrés osmótico por el sodio. Otros efectos descritos en la literatura son la estimulación del crecimiento vegetativo, la mejora en la calidad del fruto o su efecto fungicida.

Hongos beneficiosos

Los hongos beneficiosos interactúan con las raíces de las plantas con las que están en simbiosis. En este grupo, existe un creciente interés por el uso de la micorriza para promover la agricultura sostenible, considerando los beneficios ampliamente aceptados de la simbiosis en la eficiencia nutricional (tanto para los macronutrientes, especialmente P, como para los micronutrientes), el balance hídrico y la protección contra el estrés biótico y abiótico de las plantas y, por tanto, entrarían dentro del concepto de bioestimulante.

Las limitaciones principales de su uso radican en la dificultad técnica de propagarlos a gran escala, fundamentalmente por la falta de comprensión de los determinantes de las especificidades del huésped

y la dinámica poblacional de micorrizas en los agroecosistemas. Sin embargo, otros hongos endofitos, como *Trichoderma* spp. (Ascomycota) y Sebaciales (Basidiomycota), distintas de las especies micorrizas, son capaces de vivir al menos parte de su ciclo de vida lejos de la planta, colonizar las raíces y, como se ha demostrado recientemente, transferir nutrientes a sus huéspedes, utilizando mecanismos que se desconocen. Estos hongos, por tanto, están recibiendo cada vez mayor atención, tanto como inoculantes de plantas más fáciles de multiplicar in vitro, como organismos modelo para diseccionar los mecanismos de transferencia de nutrientes entre endosimbiontes fúngicos y sus huéspedes.

Bacterias beneficiosas

En cuanto a los usos agrícolas de los bioestimulantes, en esta diversidad taxonómica, funcional y ecológica deben tenerse en cuenta dos tipos principales: endosimbiontes mutualistas del tipo *Rhizobium* y Rhizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR). La biología y los usos agrícolas de las simbiosis basadas en *Rhizobium* han sido ampliamente revisados por la lite-

ratura científica y se comercializan como inoculantes microbianos que facilitan la adquisición de nutrientes por las plantas.

Los PGPR son multifuncionales e influyen en todos los aspectos de la vida vegetal: nutrición y crecimiento, morfogénesis y desarrollo, respuesta al estrés biótico y abiótico e interacción con otros organismos en los agroecosistemas. Sin embargo, los usos agrícolas de los PGPRs están restringidos por su complejidad, por las respuestas variables de los cultivares de plantas y los ambientes receptores. También las dificultades técnicas asociadas con la formulación de los inoculantes dan lugar a resultados inconsistentes en la práctica. A pesar de esto, el mercado mundial de bioestimulantes bacterianos está creciendo y los inoculantes PGPR se consideran ahora como algún tipo de probióticos de las plantas, es decir, contribuidores eficientes a la nutrición e inmunidad de las plantas.

Bionutrientes bioactivadores

Además la Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes (Aeфа) considera un último grupo que se conoce como bioactivadores que engloba a algunos de los compuestos definidos anteriormente. Los bioactivadores comprenden diversos productos, unos químicamente bien definidos tales como aminoácidos o polisacáridos y otros más complejos como los extractos de algas, que al ser aplicados en las plantas son bien absorbidos y utilizados de forma más o menos inmediata. Los bioactivadores, aunque son nutrientes, no se emplean como tales ni en la misma proporción, sino que con su aporte se busca un efecto activador sobre el metabolismo de las plantas.

Estos productos pueden ser aplicados, junto con los minerales adecuados, a los cultivos, o aprovechando los tratamientos fitosanitarios, en especial cuando las plantas han soportado condiciones adversas tales como sequías, heladas, trasplantes, transportes, plagas, enfermedades, etc. ya que mejoran la resiliencia de las plantas. ■

